



Оригинальная статья

# Состояние ренальной гемодинамики и нарушение функции почек в первые сутки после перкутанной нефролитотрипсии

Л.Е. Белый<sup>1</sup>✉, А.В. Клочков<sup>1,2</sup>, В.В. Клочков<sup>1</sup>, А.Г. Шмырин<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, Россия;<sup>2</sup>ГУЗ «Ульяновский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи имени заслуженного врача России Е.М. Чучкалова», Ульяновск, Россия

✉lbely@yandex.ru

## Аннотация

**Актуальность.** За последнее десятилетие перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) стала одним из самых популярных методов лечения мочекаменной болезни по причине высокой эффективности метода в сочетании с низкой частотой осложнений и сокращением сроков госпитализации. Однако влияние ПНЛ на функцию почек изучено недостаточно.

**Целью** настоящего исследования стала оценка изменений ренальной гемодинамики и функции почек в раннем послеоперационном периоде, вызванных применением ПНЛ.

**Материал и методы.** Проанализированы клинические данные 18 пациентов, подвергшихся ПНЛ. Всем пациентам до и после ПНЛ проводили определение уровня креатинина в сыворотке крови, ультразвуковое исследование почек с доплерографией почечного кровотока, рассчитывали скорость клубочковой фильтрации. Размеры, плотность конкремента и его локализацию в почке определяли с помощью компьютерной томографии.

**Результаты.** Средний размер конкрементов составил  $224,4 \pm 38,5$  мм<sup>2</sup>, средняя плотность –  $1152 \pm 76$  НУ. Длительность хирургического вмешательства –  $96,1 \pm 9,2$  мин. У 7 пациентов после ПНЛ уровень креатинина снизился по сравнению с дооперационным, в то время как у остальных 11 уровень креатинина в раннем послеоперационном периоде вырос ( $p < 0,001$ ). Острое повреждение почек развилось у трех пациентов (16,7%): произошло повышение концентрации креатинина на  $40,7 \pm 11,7$  мкмоль/л по сравнению с исходным уровнем. У пациентов с улучшением и ухудшением функции почек в первые сутки после операции были выявлены однотипные изменения. Произошло повышение резистивности сосудистого русла. Это не позволяет использовать показатели доплерографии почечного кровотока в качестве прогностических предикторов нарушения функции почек. В отличие от длительности вмешательства размер камня остается главным предиктором риска острого повреждения почек после ПНЛ.

**Ключевые слова:** острое повреждение почек, перкутанная нефролитотрипсия, мочекаменная болезнь, креатинин, почечный кровоток.

**Для цитирования:** Белый Л.Е., Клочков А.В., Клочков В.В., Шмырин А.Г. Состояние ренальной гемодинамики и нарушение функции почек в первые сутки после перкутанной нефролитотрипсии. *Клинический разбор в общей медицине.* 2024; 5 (6): 63–68. DOI: 10.47407/kr2024.5.6.00436

Original article

## Renal hemodynamic changes and kidney function in the first day after percutaneous nephrolithotripsy

Lev E. Bely<sup>1</sup>✉, Artem V. Klochkov<sup>1,2</sup>, Vladimir V. Klochkov<sup>1</sup>, Alexander G. Shmyrin<sup>2</sup><sup>1</sup>Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia;<sup>2</sup>Ulyanovsk Regional Clinical Center for Specialized types of Medical Care named after Honored Doctor of Russia E.M. Chuchkalov, Ulyanovsk, Russia

✉lbely@yandex.ru

## Abstract

**Background.** Over the past decade, percutaneous nephrolithotripsy (PNL) has become one of the most popular treatments for urolithiasis. The reason is the high efficiency of the method in combination with a low incidence of complications and a shorter period of hospitalization. However, the effect of PNL on renal function has not been sufficiently studied.

**The aim of this study** was to evaluate changes in renal hemodynamics and kidney function in the early postoperative period after PNL.

**Patients and Methods.** The clinical data of 18 patients who underwent PNL were analyzed. Serum creatinine levels were determined in all patients before and after PNL, glomerular filtration rate was calculated, and ultrasound examination of the kidneys with dopplerography of renal blood flow was performed. The size, density of the stone and its localization in the kidney were determined using computed tomography.

**Results.** The average size of the stones was  $224.4 \pm 38.5$  mm<sup>2</sup>, the average density was  $1152 \pm 76$  HU. The duration of surgical intervention is  $96.1 \pm 9.2$  minutes. In 7 patients after PNL, creatinine levels decreased compared to preoperative, while in the remaining 11 patients, creatinine levels increased in the early postoperative period ( $p < 0.001$ ). Acute kidney injury developed in three patients (16.7%): there was an increase in creatinine concentration by  $40.7 \pm 11.7$  μmol/l compared with the baseline level. In patients with both improved renal function on the first day after surgery and with deterioration of function, the same type of changes were revealed. There was an increase in vascular resistivity. This does not allow the use of dopplerography of renal blood flow as prognostic predictors of impaired renal function. Unlike the duration of the intervention, the size of the stone remains the main predictor of the risk of acute kidney injury after PNL.

**Keywords:** acute kidney injury, percutaneous nephrolithotripsy, urolithiasis, creatinine, renal blood flow.

**For citation:** Bely L.E., Klochkov A.V., Klochkov V.V., Shmyrin A.G. Renal hemodynamic changes and kidney function in the first day after percutaneous nephrolithotripsy. *Clinical review for general practice.* 2024; 5 (6): 63–68 (In Russ.). DOI: 10.47407/kr2024.5.6.00436

## Введение

Не вызывает сомнений, что активное внедрение эндоскопических методов хирургического лечения мочекаменной болезни (МКБ) – одно из величайших и важных достижений в урологической практике за последние 50 лет. Среди обширного арсенала эндоурологических методов лечения нефролитиаза перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) является одной из наиболее часто используемых эндоскопических процедур [1, 2]. Причины популярности ПНЛ – высокая эффективность метода в сочетании с низкой частотой осложнений и сокращением сроков госпитализации вследствие малоинвазивности [3]. Рецидивирующий характер течения МКБ часто диктует необходимость выполнения повторных вмешательств, поэтому при выборе метода хирургического лечения первостепенное значение имеет обеспечение сохранности функции почек [4]. Известно, что урологические пациенты входят в группу высокого риска развития острого повреждения почек (ОПП) вследствие обструктивных уропатий, уросепсиса, а также нарушения функции почек, возникающего в ряде случаев после хирургических вмешательств [5]. Однако систематические обзоры и метаанализы последних лет, посвященные оценке эффективности и безопасности эндоурологических методов и в том числе ПНЛ, прежде всего были сосредоточены на возможностях достижения stone-free статуса и таких послеоперационных осложнениях, как кровотечение и инфекция [6]. Существуют лишь отдельные сообщения о возможном влиянии тех или иных эндоурологических процедур на функцию почек. Очевидно, это связано с тем, что малоинвазивные эндоурологические операции в большинстве случаев завершаются успешно, пациенты покидают клинику в тот же или в первый послеоперационный день, а функция почек обычно не контролируется даже в течение первой послеоперационной недели [7]. В то же время ОПП, развившееся в послеоперационном периоде, – грозное осложнение, наблюдающееся у 6,7–38,2% урологических пациентов [5].

**Целью** настоящего исследования стала оценка изменений ренальной гемодинамики и функции почек в раннем послеоперационном периоде, вызванных применением ПНЛ.

## Материалы и методы исследования

В исследовании участвовала группа пациентов, страдающих МКБ и проходивших лечение в ГУЗ «Ульяновский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи». Всем пациентам была проведена ПНЛ, включение всех пациентов в исследование осуществлялось случайным образом. Исследование носило проспективный характер. Были проанализированы клинические данные 18 пациентов: 9 мужчин и 9 женщин в возрасте от 31 до 72 лет. Средний возраст пациентов составил  $50,7 \pm 2,9$  года. Конкременты, по поводу которых выполняли ПНЛ, у 4 пациентов располагались в одной из почечных чашечек, у остальных 14 пациентов диагностировали конкременты почечной

лоханки. В исследовании не было пациентов с одной почкой, все имели нормальные контралатеральные почки.

Перед операцией всем пациентам провели стандартные лабораторные исследования. Исследование концентрации креатинина выполнено на автоматическом биохимическом анализаторе Beckman Coulter AU480 (США) по стандартной методике с помощью диагностических наборов реагентов фирмы Beckman. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) рассчитывалась с помощью СКД-ЕРІ формулы. Хроническую болезнь почек определяли по расчетной скорости клубочковой фильтрации  $< 60$  мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>. ОПП диагностировали, согласно рекомендациям KDIGO [8], по креатинину сыворотки и диурезу: о развитии ОПП в раннем послеоперационном периоде свидетельствовало повышение уровня креатинина в сыворотке крови, превышающее или равное 26,5 мкмоль/л (0,3 мг/дл) в течение 48 ч либо снижение диуреза до уровня, меньшего или равного 0,5 мл/кг/ч в течение 6–12 ч.

Всем пациентам перед и после ПНЛ проводили ультразвуковое исследование почек, мочеточников и мочевого пузыря с использованием ультразвукового сканера Hitachi Aloka Arietta v70. Изучение количественных параметров кровотока в междолевых артериях почек до хирургического вмешательства и в первые сутки послеоперационного периода проводили с помощью спектрального доплеровского режима. Определяли пиковую систолическую скорость кровотока – VPS, конечную диастолическую скорость кровотока – VED, на основании которых рассчитывали индекс резистивности Ri, равный отношению разности пиковой систолической и конечной диастолической скоростей кровотока к пиковой систолической скорости кровотока. Компьютерная томография почек и мочеточников без контрастного усиления выполнялась на томографе GE Light-speed VCT (США). Плотность конкрементов оценивали по шкале Hounsfield (HU), а размер конкремента рассчитывали как произведение двух максимальных размеров камня на томограммах и выражали в мм<sup>2</sup> [9].

Все вмешательства выполнены под эндотрахеальным наркозом в положении на спине после предварительной катетеризации ипсилатерального мочеточника с фиксацией последнего к уретральному катетеру Foley 16–18Ch. Доступ к чашечно-лоханочной системе (ЧЛС) почки осуществляли иглой Shiba 18G под рентгеноскопическим контролем. Дилатацию пункционного хода осуществляли при помощи дилататоров Amplatz 24–28 Ch с установкой кожуха Amplatz 26–30 Ch, а затем нефроскопа Richard Wolf №24–26 Ch. У всех пациентов ПНЛ выполнена с формированием одного перкутанного тракта. Для дезинтеграции конкрементов использовали гольмиевый лазер Auriga XL «Boston Scientific» в режиме литотрипсии 8–12 Гц, 1200–2500 мДж с последующей лапаксией фрагментов камня. Оперативное вмешательство завершали установкой нефростомического дренажа №16–20 Ch. Время выполнения операции измеряли с момента начала цистоскопии и катете-

ризации почки до момента наложения повязки. Уретральный и мочеточниковый катетеры удаляли в течение первых 24 ч после операции.

Статистическую обработку результатов и математическое моделирование проводили с использованием Microsoft Excel (MS Office`2016) и компьютерной программы Statistica 10.0 (StatSoft USA). Вычисляли средние значения, дисперсии, средние квадратические отклонения и их ошибки. Все данные представлены в виде  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее арифметическое, а  $m$  – стандартная ошибка средней арифметической. Определение значимости различий двух выборок проводили с использованием  $t$ -критерия Стьюдента. При значении  $p < 0,05$  различия считали статистически достоверными. Корреляционный анализ для двух переменных выполняли с расчетом коэффициента корреляции Спирмена. Математическое моделирование зависимостей между признаками осуществлялось с использованием методов наименьших квадратов и аппроксимации, при этом качество аппроксимации оценивали по максимуму оценки достоверности.

## Результаты

Средний размер конкрементов составил  $224,4 \pm 38,5$  мм<sup>2</sup>, их плотность варьировала от 461 НУ до 1600 НУ, средняя плотность –  $1152 \pm 76$  НУ. Длительность хирургического вмешательства –  $96,1 \pm 9,2$  мин. Уровень креатинина сыворотки до операции составлял  $80,3 \pm 3,9$  мкмоль/л, а в первые сутки после операции –  $87,4 \pm 4,4$  мкмоль/л ( $p > 0,05$ ). Среднее значение СКФ до операции составляло  $91,5 \pm 4,3$  мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>, а в первые сутки после операции –  $84,6 \pm 5,2$  мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ ). Примечательно, что у 7 пациентов после хирургического вмешательства уровень креатинина снизился по сравнению с дооперационным и составил  $71,3 \pm 5,2$  мкмоль/л, в то время как у остальных 11 уровень креатинина в раннем послеоперационном периоде вырос –  $97,7 \pm 4,2$  мкмоль/л ( $p < 0,001$ ). ОПП развилось у трех пациентов (16,7%): произошло повышение концентрации креатинина на  $40,7 \pm 11,7$  мкмоль/л по сравнению с исходным уровнем.

При исследовании почечной гемодинамики установлено достоверное увеличение  $V_{PS}$  в междолевых артериях оперированной почки в раннем послеоперационном периоде: среднее значение  $V_{PS}$  до хирургического вмешательства составляло  $38,6 \pm 1,7$  см/с, а после вмешательства –  $44,4 \pm 2,2$  см/с ( $p < 0,05$ ). Кроме этого, зафиксировано недостоверное повышение  $V_{ED}$ : до вмешательства этот показатель был  $14,8 \pm 0,6$  см/с, в послеоперационном периоде –  $15,6 \pm 1,0$  см/с ( $p > 0,05$ ).

Среднее значение  $R_i$  до ПНЛ составило  $0,61 \pm 0,01$ , а в первые сутки послеоперационного периода –  $0,65 \pm 0,01$  ( $p < 0,05$ ). Важно заметить, что в подгруппе пациентов со снижением креатинина в послеоперационном периоде  $R_i$  составил  $0,65 \pm 0,02$ , достоверно не отличаясь от  $R_i$  в подгруппе пациентов с повышением креатинина в сыворотке крови –  $0,65 \pm 0,01$  ( $p > 0,05$ ).

Был проведен корреляционный анализ с расчетом коэффициента корреляции Спирмена для определения силы и направления взаимосвязи между длитель-

ностью хирургического вмешательства и значениями  $R_i$ , уровнем креатинина в сыворотке крови и СКФ после ПНЛ. Коэффициент корреляции Спирмена между длительностью вмешательства и  $R_i$  составил 0,15, что свидетельствует о наличии слабой статистически не значимой прямой зависимости между признаками ( $p > 0,05$ ). Коэффициент корреляции Спирмена между длительностью вмешательства и концентрацией креатинина в сыворотке крови был равен 0,27, что также демонстрирует слабую прямую зависимость ( $p > 0,05$ ). Коэффициент корреляции между длительностью вмешательства и СКФ равен -0,15, что указывает на существование между признаками обратной связи слабой силы ( $p > 0,05$ ).

Примечательно, что при определении силы и направления связи между размером конкремента и уровнем креатинина и СКФ были получены иные результаты. Коэффициент корреляции Спирмена между размером конкремента и концентрацией креатинина составил 0,84, что свидетельствует о наличии сильной прямой связи между признаками ( $p < 0,05$ ). Коэффициент корреляции Спирмена между размером конкремента и значением СКФ составил -0,81, что доказывает наличие сильной обратной связи между признаками ( $p < 0,05$ ). Связь между размером камня и значением  $R_i$  в междолевых артериях почки после вмешательства оказалась слабой (коэффициент Спирмена был равен 0,1;  $p > 0,05$ ).

При изучении кривых аппроксимации, отражающих зависимость концентрации креатинина в первые сутки послеоперационного периода от размера камня, установлено, что наибольшую достоверность аппроксимации ( $R^2 = 0,68$ ) имеет линейная кривая (рис. 1), описываемая уравнением:

$$y = 0,1812x + 52,281$$

Решая данное линейное уравнение, легко выяснить, что у пациентов с размерами конкрементов 100 мм<sup>2</sup>, 200 мм<sup>2</sup> и 300 мм<sup>2</sup> прогнозируемый уровень креатинина составил 70,4 мкмоль/л, 88,5 мкмоль/л и 106,6 мкмоль/л, соответственно.

По итогам анализа кривых аппроксимации, отражающих зависимость значения СКФ в первые сутки послеоперационного периода от размера конкремента, наибольшую достоверность аппроксимации ( $R^2 = 0,66$ ) имеет параболическая кривая (рис. 2), описываемая уравнением:

$$y = 0,0007x^2 - 0,4539x + 140,74$$

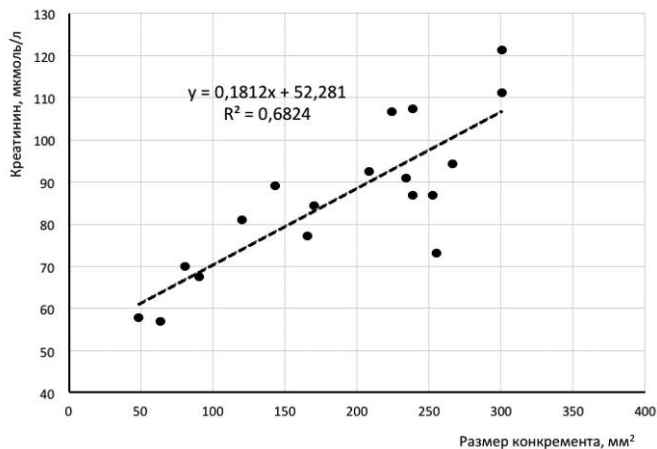
Решая данное уравнение, легко выяснить, что у пациентов с размерами конкрементов 100 мм<sup>2</sup>, 200 мм<sup>2</sup> и 300 мм<sup>2</sup> прогнозируемый уровень СКФ будет составлять 102,4 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>, 78 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>, 67,6 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> соответственно. Однако это уравнение можно применить лишь для конкрементов, не превышающих размер 324 мм<sup>2</sup>, поскольку при этом значении абсциссы ( $x = 324$ ) параболическая кривая достигает своей вершины. Прогнозировать уровень СКФ у пациентов с конкрементами большего размера в этом случае можно с помощью линейной кривой с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 0,63$  (рис. 2), описываемой уравнением:

$$y = -0,2086x + 123,94$$



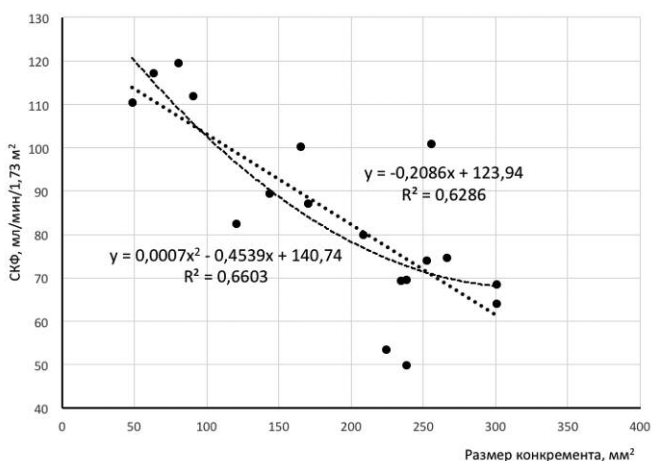
**Рис. 1.** Зависимость креатинина сыворотки крови от размера конкремента в первые сутки после ПНЛ.

*Fig. 1. Serum creatinine as a function of the concrement size on day 1 after percutaneous nephrolithotripsy.*



**Рис. 2.** Зависимость СКФ от размера конкремента в первые сутки после ПНЛ.

*Fig. 2. GFR as as a function of the concrement size on day 1 after percutaneous nephrolithotripsy.*



Согласно данному уравнению, при размерах камня – 400 мм<sup>2</sup> прогнозируемый уровень СКФ будет составлять 40,5 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>.

При корреляционном анализе с расчетом коэффициента корреляции Спирмена для определения силы и направления взаимосвязи между плотностью конкремента и уровнем креатинина в сыворотке крови и СКФ после ПНЛ показано наличие слабой прямой и слабой обратной связи между признаками соответственно, что, возможно, обусловлено малым объемом выборки.

### Обсуждение результатов

Принято считать, что хирургическое лечение МКБ должно в конечном итоге привести к улучшению функционального состояния почек, хотя очевидно, что само по себе оперативное вмешательство может оказать негативный эффект на функцию органа. ПНЛ – не исключение. S. Pillai и соавт. [4] сообщают о развитии ОПП после ПНЛ в 9,2%. Этим данным и другим сообщениям

[5] не противоречат результаты нашего исследования. Тем не менее однозначного мнения о влиянии ПНЛ на функцию почек нет. T. Reeves и соавт. [10] выполнили систематический обзор 21 исследования, опубликованного с 1999 по 2019 г. и посвященного влиянию ПНЛ на функцию почек. По результатам трех исследований продемонстрировано значительное улучшение функции почек после ПНЛ. В восьми исследованиях не было выявлено принципиального улучшения функции, но можно было говорить о наметившихся тенденциях к улучшению. В других восьми исследованиях не было отмечено существенных изменений функции почек. R.K. Handa и соавт. [11] указывают на ухудшение функции почек в первые сутки после ПНЛ, в то время как N.J. Hegarty и соавт. [12] отмечают значительное ухудшение функции почек у пациентов после ПНЛ с формированием нескольких перкутаных трактов и отсутствие изменений функции при вмешательстве через один тракт. A.S. Fayad и соавт. [13] сообщают, что у пациентов с изначальным снижением функции почек до выполнения ПНЛ происходит дальнейшее значительное ее ухудшение после вмешательства, в то время как у пациентов с изначально нормальной функцией почек последняя остается стабильной и после операции. У всех пациентов, включенных в наше исследование, не было изначальных нарушений функции почек, а все вмешательства были выполнены с формированием одного тракта, однако сценарии изменения функции почек в первые сутки после ПНЛ были различными. Снижение уровня креатинина в сыворотке крови в раннем послеоперационном периоде у 39% пациентов в нашем исследовании, возможно, обусловлено удалением конкрементов, в той или иной степени вызывающих обструкцию мочевых путей [9], и указывает на улучшение функции почек. Ухудшение функции почек с развитием ОПП у части пациентов может быть связано непосредственно с механической травмой почечной паренхимы во время создания доступа в ЧЛС. Обеспечение доступа к полостной системе почки приводит к локальному повреждению почечной паренхимы и развитию ишемии вследствие индуцированной вазоконстрикции [11]. Повреждение почечной паренхимы не ограничивается исключительно местом входа иглы, а может расширяться вследствие вазоконстрикции соседних почечных сосудов [7]. Об этом феномене свидетельствуют результаты нашего исследования почечной гемодинамики в первые сутки после ПНЛ: наблюдается достоверное повышение резистивности сосудистого русла почки. В ответ на механическую травму почка инициирует секрецию ренина, происходит увеличение концентрации ангиотензина II, что, возможно, приводит к вазоконстрикции [14]. Тем не менее средние значения Ri были ниже общепринятого патологического уровня, равного 0,70, как до, так и после вмешательства. Сосудистая дисфункция может играть важную роль в патогенезе ОПП [15]. В ряде исследований Ri использовали для оценки почечной перфузии [16], прогнозирования дисфункции почек [17, 18] и восстановления после ОПП. Попытки использования показателей по-

чечной гемодинамики в прогнозировании развития ОПП в первую очередь связаны с тем, что креатинин является слабым индикатором повреждения почек на ранних этапах, поскольку для его повышения должно произойти значительное снижение функции почек [19]. Однако в нашем исследовании  $R_i$  у пациентов с повышением креатинина в сыворотке крови достигал тех же значений, что и у пациентов со снижением креатинина в первые сутки после ПНЛ. Иными словами, использовать доплерографию почечного кровотока для прогнозирования нарушений функции почек в послеоперационном периоде не представляется возможным. Очевидно, что помимо механической травмы почки в качестве дополнительных факторов, влияющих на ее функцию, следует указать ирригацию жидкости в ЧЛС под высоким давлением [20], а также тепловое повреждение тканей вследствие применения гольмиевого лазера [21]. Совокупность всех повреждающих факторов приводит к активации симпатической нервной системы, которая посредством почечного рефлекса участвует в развитии вазоконстрикции в сосудистом русле контралатеральной почки [7].

Поскольку ОПП развивается практически у каждого 7-го пациента после ПНЛ, а нарушение функции почек встречается значительно чаще, необходим поиск предикторов повреждения почек. Прогнозирование нарушения функции почек после ПНЛ в раннем послеоперационном периоде может быть полезным при последующем наблюдении, особенно при ведении пациентов из группы риска и подборе медикаментозной терапии [9]. Все предикторы нарушения функции почек делят на факторы, связанные с пациентом, факторы, обусловленные особенностями хирургического вмешательства, и факторы, связанные со спецификой конкремента [4].

Известно, что к факторам пациента необходимо отнести пожилой возраст, наличие сопутствующих заболеваний, в первую очередь артериальной гипертензии и сахарного диабета [22], а также предоперационное использование ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента или ингибиторов ангиотензина II. Изучение этих факторов не входило в задачи настоящего исследования.

В качестве одного из хирургических предикторов нарушения функции почек обсуждается длительность вмешательства. Отсутствие статистически значимой корреляционной зависимости между длительностью вмешательства и значениями  $R_i$ , уровнем креатинина в сыворотке крови и СКФ в нашем исследовании можно объяснить следующим. У каждого пациента различные этапы вмешательства имеют разную продолжительность и доли времени, затраченного на обеспечение доступа, непосредственно литотрипсию. Кроме того, продолжительная литотрипсия требует большей по объему ирригации. Иными словами, действие ключевых по-

вреждающих факторов (механическая травма при обеспечении доступа, тепловое повреждение при литотрипсии, повышение внутрилоханочного давления при ирригации) в каждом конкретном случае различно по продолжительности.

Сильная прямая связь между размером конкремента и уровнем креатинина и сильная обратная связь между размером конкремента и СКФ позволяет считать размер конкремента одним из ключевых предикторов развития нарушений функции почек после ПНЛ. О необходимости принятия во внимание размера конкремента при прогнозировании риска ОПП при малоинвазивном лечении МКБ сообщают и другие исследователи [23, 24]. При анализе линейной кривой, описывающей зависимость уровня креатинина от размера конкремента, видно, что при размере камня 500 мм<sup>2</sup> ожидаемый уровень креатинина составляет 142,8 мкмоль/л, что может указывать на развитие ОПП I стадии (повышение уровня креатинина в сыворотке крови, превышающее или равное 26,5 мкмоль/л) при базовом уровне креатинина, находящегося на верхней границе диапазона нормальных референсных значений.

## Заключение

В нашем исследовании ОПП в первые сутки после ПНЛ развилось у 16,7% пациентов. Это соответствует результатам других аналогичных исследований и заставляет задуматься о необходимости поиска новых предикторов развития ОПП. Наша попытка изучить возможность применения динамики доплерографических показателей ренального кровотока для прогнозирования развития нарушений функции почек не увенчалась успехом, поскольку у пациентов как с улучшением, так и с ухудшением функции почек в первые сутки после операции были выявлены однотипные изменения. Происходило повышение резистивности сосудистого русла, очевидно, обусловленное сочетанным воздействием механической травмы, повышенного внутрилоханочного давления и теплового стресса. Также в нашем исследовании показано, что использовать длительность ПНЛ как прогностический фактор риска развития ОПП не представляется возможным. В то же время размер камня остается главным предиктором риска ОПП после ПНЛ. Согласно итогам математического моделирования зависимостей между признаками, размер камня более 500 мм<sup>2</sup> (произведение двух максимальных размеров камня на компьютерных томограммах) является прогностическим фактором риска ОПП в первые сутки после ПНЛ.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests.** The authors declare that there is not conflict of interests.

## Литература / References

1. Малхасян В.А., Гаджиев Н.К., Сухих С.О., Пушкар Д.Ю. Эффективность, безопасность и технические особенности выполнения перкутанной нефролитотомии с точки зрения доказательной медицины (систематический обзор метаанализов). *Вестник урологии*. 2024;12(2):87–107.
- Malkhasyan V.A., Gadzhiev N.K., Sukhikh S.O., Pushkar D.Yu. Evidence-based efficacy, safety and technical features of performing percutaneous nephrolithotomy (systematic review of meta-analyses). *Urology Herald*. 2024;12(2):87-107 (In Russian).

2. Гаджиев Н.К., Обидняк В.М., Горелов Д.С. Осложнения перкутанной нефролитотрипсии: диагностика и лечение. *Урология*. 2020;5:139-48. DOI: 10.18565/urology.2020.5.139-148
- Gadzhiev N.K., Obidnyak V.M., Gorelov D.S. Complication after PCNL: diagnosis and management. *Urologiia*. 2020;5:139-48. DOI: 10.18565/urology.2020.5.139-48 (in Russian).
3. Türk C, Petřík A, Sarica K et al. EAU guidelines on interventional treatment for urolithiasis. *Eur Urol* 2016;69(3):475-82. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.041.
4. Pillai S, Kriplani A, Chawla A et al. Acute kidney injury post-percutaneous nephrolithotomy (PNL): prospective outcomes from a university teaching hospital. *J Clin Med* 2021;10(7):1373. DOI: 10.3390/jcm10071373
5. Caddeo G, Williams ST, McIntyre CW, Selby NM. Acute kidney injury in urology patients: incidence, causes and outcomes. *Nephrourol Mon*. 2013;5(5):955-61. DOI: 10.5812/numonthly.12721
6. Zheng C, Xiong B, Wang H. et al. Retrograde intrarenal surgery versus percutaneous nephrolithotomy for treatment of renal stones >2 cm: a meta-analysis. *Urol Int*. 2014; 93: 417-24. DOI: 10.1159/000363509
7. Mykoniatis I, Sarafidis P, Memmos D et al. Are endourological procedures for nephrolithiasis treatment associated with renal injury? A review of potential mechanisms and novel diagnostic indexes. *Clin Kidney J* 2020; 13(4):531-41. DOI: 10.1093/ckj/sfaa020
8. KDIGO Clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Kidney International Supplements* 2012; 2:5-138.
9. Bayrak O, Seckiner I, Erturhan SM et al. Analysis of changes in the glomerular filtration rate as measured by the cockcroft-gault formula in the early period after percutaneous nephrolithotomy. *Korean J Urol* 2012;53(8):552-5. DOI: 10.4111/kju.2012.53.8.552
10. Reeves T, Pietropaolo A, Gadzhiev N et al. Role of endourological procedures (PCNL and URS) on renal function: a systematic review. *Curr Urol Rep* 2020;21(5):21. DOI: 10.1007/s11934-020-00973-4
11. Handa RK, Matlaga BR, Connors BA et al. Acute effects of percutaneous tract dilation on renal function and structure. *J Endourol* 2006; 20(12):1030-40. DOI: 10.1089/end.2006.20.1030
12. Hegarty NJ, Desai MM. Percutaneous nephrolithotomy requiring multiple tracts: comparison of morbidity with single-tract procedures. *J Endourol* 2006;20(10):753-60. DOI: 10.1089/end.2006.20.753
13. Fayad AS, Elsheikh MG, Mosharafa A et al. Effect of multiple access tracts during percutaneous nephrolithotomy on renal function: evaluation of risk factors for renal function deterioration. *J Endourol* 2014;28(7):775-9. DOI: 10.1089/end.2013.0771
14. Atici S, Zeren S, Ariboğan A. Hormonal and hemodynamic changes during percutaneous nephrolithotomy. *Int Urol Nephrol* 2001;32(3):311-4. DOI: 10.1023/a:1017527126481.
15. Ronco C, Bellomo R, Kellum JA. Acute kidney injury. *Lancet* 2019;394(10212):1949-64. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32563-2
16. Schnell D, Darmon M. Bedside Doppler ultrasound for the assessment of renal perfusion in the ICU: advantages and limitations of the available techniques. *Crit Ultrasound J* 2015;7(1):24. DOI: 10.1186/s13089-015-0024-6
17. Darmon M, Schortgen F, Vargas F et al. Diagnostic accuracy of Doppler renal resistive index for reversibility of acute kidney injury in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2011;37(1):68-76. DOI: 10.1007/s00134-010-2050-y
18. Насонова С.Н., Жиров И.В., Ледяхова М.В. и др. Возможности диагностики острого почечного повреждения у пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности: дуплексное сканирование почечных артерий. *Терапия*. 2019;1(27):95-102. DOI: 10.18565/therapy.2019.1.95-10
- Nasonova S.N., Zhiron I.V., Ledyakhova M.V. et al. Possibilities of diagnosing acute renal injury in patients with acute decompensation of chronic heart failure: duplex scanning of the renal arteries. *Therapy* 2019;1(26):95-102 (in Russian).
19. Hewitt SM, Dear J, Star RA. Discovery of protein biomarkers for renal diseases. *J Am Soc Nephrol* 2004;15(7):1677-89. DOI: 10.1097/01.asn.0000129114.92265.32
20. Tokas T, Skolarikos A, Herrmann TRW, Nagele U. Training and research in urological surgery and technology (T.R.U.S.T.) group. pressure matters 2: intrarenal pressure ranges during upper-tract endourological procedures. *World J Urol* 2019;37(1):133-42. DOI: 10.1007/s00345-018-2379-3.
21. Aldoukhi AH, Ghani KR, Hall TL, Roberts WW. Thermal response to high-power holmium laser lithotripsy. *J Endourol* 2017;31(12):1308-12. DOI: 10.1089/end.2017.0679
22. Лебедева М.В., Камышова Е.С., Таранова М.В., Бекетов В.Д., Андреева Е.Ю. Острое повреждение почек у полиморбидных пациентов. *Клинический разбор в общей медицине*. 2024;5(1):7-12. DOI: 10.47407/kr2023.5.1.00352
- Lebedeva M.V., Kamyshova E.S., Taranova M.V., Beketov V.D., Andreeva E.Y. Acute kidney injury in polymorbid patients. *Clinical review for general practice*. 2024;5(1):7-12 (in Russian). DOI: 10.47407/kr2023.5.1.00352
23. Hasan AM, Riyad AM, Ahmed MA. Predictors of acute kidney injury after percutaneous nephrolithotomy in adult patients: prospective observational study. *Int Urol Nephrol* 2024;56(6):1843-50. DOI: 10.1007/s11255-024-03960-7.
24. Göger YE, Özkent MS, Kılınc MT et al. Influencing factors of acute kidney injury following retrograde intrarenal surgery. *World J Urol* 2023;41(3):857-64. DOI: 10.1007/s00345-023-04301-6.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Белый Лев Евгеньевич** – д-р мед. наук, проф. каф. госпитальной хирургии, анестезиологии, реаниматологии, урологии, травматологии, ортопедии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». ORCID: 0000-0003-0908-1321

**Клочков Артем Владимирович** – врач-уролог ГУЗ «Ульяновский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи имени заслуженного врача России Е.М. Чучкалова», аспирант каф. госпитальной хирургии, анестезиологии, реаниматологии, урологии, травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». E-mail: klochkov.ul@yandex.ru

**Клочков Владимир Валерьевич** – д-р мед. наук, проф. каф. госпитальной хирургии, анестезиологии, реаниматологии, урологии, травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». E-mail: klochkovvv55@yandex.ru

**Шмырин Александр Геннадьевич** – зав. урологическим отделением, ГУЗ «Ульяновский областной клинический центр специализированных видов медицинской помощи имени заслуженного врача России Е.М. Чучкалова». E-mail: shmyrin@mail.ru

Поступила в редакцию: 13.06.2024

Поступила после рецензирования: 19.06.2024

Принята к публикации: 20.06.2024

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lev E. Belyi** – D. Sci. (Med.), Prof., Ulyanovsk State University. E-mail: lbely@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-0908-1321

**Artem V. Klochkov** – Urologist, Ulyanovsk regional clinical center of specialized types of medical care Graduate Student, Ulyanovsk State University. E-mail: klochkov.ul@yandex.ru

**Vladimir V. Klochkov** – D. Sci. (Med.), Prof., Ulyanovsk State University. E-mail: klochkovvv55@yandex.ru

**Alexander G. Shmyrin** – Head of the urological department, Ulyanovsk regional clinical center of specialized types of medical care. E-mail: shmyrin@mail.ru

Received: 13.06.2024

Revised: 19.06.2024

Accepted: 20.06.2024